

中华人民共和国测绘行业标准

CH/T XXXX—XXXX

海洋卫星合成孔径雷达数据处理技术规范

Technical specification for data processing of marine satellite
synthetic aperture radar

(报批稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

目 次

前言.....	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	1
5 总体要求	2
5.1 坐标系	2
5.2 时制和日界	2
5.3 数据产品分级	2
5.4 数据产品文件组成与格式	2
5.5 数据产品命名	3
6 数据处理过程	3
6.1 数据处理流程	3
6.2 数据处理技术要求	4
6.3 数据准备	4
6.4 L0 级产品数据处理	4
6.5 L1A 级产品数据处理	9
6.6 L1B 级产品数据处理	12
6.7 L1C 级产品数据处理	13
6.8 L2 级产品数据处理	13
7 数据存储与资料归档	14
7.1 数据存储	14
7.2 资料归档	14
附录 A(资料性) 辐射校正和极化校正	15
参考文献	17

前言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国地理信息标准化技术委员会卫星应用分技术委员会（SAC/TC230/SC3）归口。

本文件起草单位：国家卫星海洋应用中心、中国科学院空天信息创新研究院、中国空间技术研究院遥感卫星总体部。

本文件主要起草人：袁新哲、韩冰、仲利华、李芳芳、赵良波、张颖、石立坚、曾韬、梁超。

海洋卫星合成孔径雷达数据处理技术规范

1 范围

本文件确立了海洋卫星合成孔径雷达数据处理的总体要求，并规定了数据处理过程、数据存储与资料归档等内容。

本文件适用于海洋卫星合成孔径雷达L0级~L2级数据产品的处理、制作、存储和使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 18894 电子文件归档与电子档案管理规范

GB/T 32453 卫星对地观测数据产品分类分级规则

GB/T 35642—2017 1:25 000 1:50 000光学遥感测绘卫星影像产品

3 术语和定义

GB/T 32453界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

方位向 azimuth

在参考坐标系中，与雷达天线相位中心速度矢量一致的方向。

3.2

地距 ground range

斜距在地面上的投影。

3.3

极化校正 polarimetric correction

消除不同极化SAR通道数据之间的幅度、相位不平衡以及极化通道之间串扰的过程。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AGC: 自动增益控制 (Auto Gain Control)

BAQ: 分块自适应量化 (Block Adaptive Quantification)

CGCS: 国家大地坐标系 (China Geodetic Coordinate System)

DEM: 数字高程模型 (Digital Elevation Model)

FRED: 框架化原始扩展数据 (Framed Raw Expanded Data)

GeoTIFF: 地理标签图像格式 (Geographical Tag Image File Format)

GNSS: 全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System)

JPEG: 联合图像专家组 (Joint Photographic Experts Group)

MGC: 手动增益控制 (Manual Gain Control)

PRF: 脉冲重复频率 (Pulse Repetition Frequency)

RPC: 有理多项式系数 (Rational Polynomial Coefficient)

SAR: 合成孔径雷达 (Synthetic Aperture Radar)

TIFF: 标签图像格式 (Tag Image File Format)

- TXT：文本文件格式（Text）
- UPS：通用极球面投影（Universal Polar Stereographic projection）
- UTC：协调世界时（Universal Time Coordinated）
- UTM：通用横轴墨卡托投影（Universal Transverse Mercator projection）
- XML：可扩展标记语言（eXtensible Markup Language）

5 总体要求

5.1 坐标系

采用CGCS2000国家大地坐标系。必要时，可采用经批准的其它坐标系。

5.2 时制和日界

观测时间采用UTC，以UTC时00时为日界。

5.3 数据产品分级

根据SAR数据被处理程度的不同对数据产品进行分级，按照解数传格式、聚焦成像与辐射校正、极化校正、多视处理、斜地变换、地理编码等数据处理加工过程，数据产品分为三个级别五类产品。代码用一位数字或一位数字加一位字母表示，数字代表级别，字母代表级别内分类。数据产品分级、代码和描述见表1。

表 1 数据产品分级、代码和描述

数据产品 分级代码	类别名称	描述
L0	回波数据	对卫星下传的原始数据进行低密度奇偶校验码解码、解扰、解格式、帧同步、通道合并、通道均衡、格式整理后的数据产品，包含雷达回波数据和辅助数据
L1A	单视复图像	对L0级产品在距离-方位平面进行聚焦成像处理，并经过辐射和极化校正后的单视产品，数据以复数形式保存
L1B	地理参考斜距图像	在L1A级产品基础上进行多视成像和子视非相参处理（根据产品设计要求）、子带拼接（针对扫描模式）、求模处理后的斜距幅度图像产品
L1C	地理参考地距图像	在L1B级产品基础上进行斜距-地距变换处理后的地距幅度图像产品
L2	地理编码图像	在L1B级产品基础上，根据卫星姿轨数据与DEM数据，进行系统级几何校正、地图投影、重采样处理后，得到经过地理编码的幅度图像产品

5.4 数据产品文件组成与格式

数据产品文件组成与格式应符合表 2 的要求。

表 2 数据产品文件组成与格式

数据产品分级代码	文件组成	格式
L0	L0级数据	dat（遵循FRED格式）
	产品元信息	XML
	浏览图	JPEG
	拇指图	JPEG
L1（L1A、L1B、L1C）	图像数据	TIFF

表 2 数据产品文件组成与格式（续）

数据产品分级代码	文件组成	格式
	RPC参数	TXT
	产品元信息	XML
	入射角	XML
	浏览图	JPEG
	拇指图	JPEG
L2	图像数据	GeoTIFF
	产品元信息	XML
	入射角	XML
	浏览图	JPEG
	拇指图	JPEG

5.5 数据产品命名

数据产品文件以压缩包文件形式分发。压缩包文件名由观测信息和产品信息组成，文件名采用下划线连接多个字符串，各字符串表示不同文件属性信息，数据产品命名表示方法见图1。



图 1 数据产品命名表示方法

数据产品命名表示方法说明如下：

- a) Sat ID：遥感卫星标识,用字母或字母与数字表示卫星代号；
- b) Station ID：卫星数据地面接收站标识，用字母表示；
- c) Imag Mode：SAR载荷成像模式，用字母或字母与数字表示；
- d) Orbit ID：卫星绝对轨道号，六位数字表示；
- e) Lon：图像中心位置经度。以东经表示，数值保留小数点后一位；
- f) Lat：图像中心位置纬度。以北纬表示，数值保留小数点后一位；
- g) Imag Date：观测日期。采用协调世界时，以YYYYMMDD表示；
- h) Level：产品等级，按照表1数据产品分级代码；
- i) Polar：产品极化方式，同极化HH、VV,交叉极化HV、VH,四极化AHV；
- j) Serial：产品序列号，字母L后加11位数字表示。

示例：GF3_KAS_FSII_029283_E104.7_N26.1_20220303_L1A_HH_L10000000008.tar.gz。

6 数据处理过程

6.1 数据处理流程

数据处理流程示意图见图2。

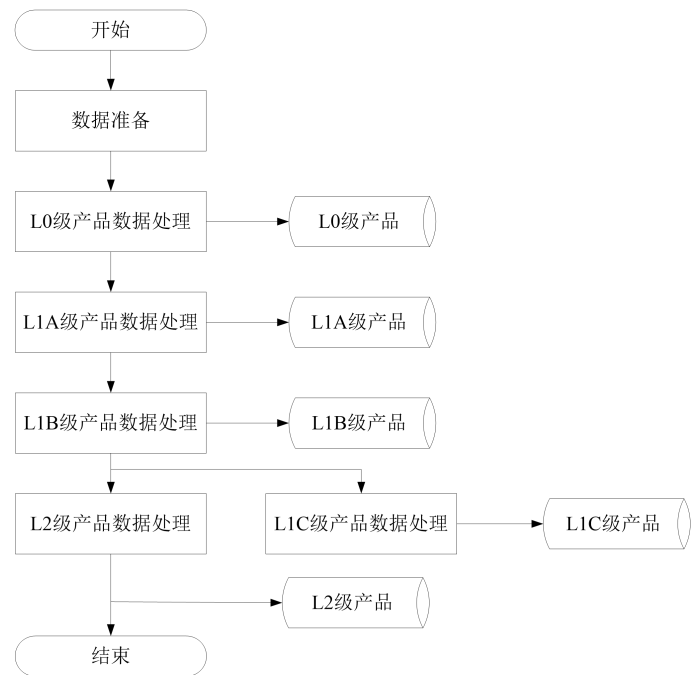


图 2 数据处理流程示意图

6.2 数据处理技术要求

6.2.1 聚焦成像

聚焦成像处理要求如下：

- a) 方位向成像展宽系数应不大于1.01；
- b) 距离向成像展宽系数应不大于1.005；
- c) 方位向、距离向峰值旁瓣比恶化应小于0.5dB；
- d) 方位向、距离向积分旁瓣比恶化应小于0.5dB。

6.2.2 辐射校正/极化校正

辐射校正处理导致的绝对辐射误差应小于0.2dB。极化校正处理要求如下：

- a) 处理导致的通道间幅度误差小于0.2dB；
- b) 处理导致的通道间相位误差小于2°；
- c) 处理后的图像极化隔离度大于45dB。

6.2.3 几何校正

几何校正处理导致的定位误差应不大于1个像元。

6.3 数据准备

在数据处理前，应获取以下外部数据：

- a) 大气校正数据；
- b) 快速精密定轨数据；
- c) 定标常数与距离向/方位向方向图文件；
- d) DEM 数据；
- e) MGC/AGC 地面测量值表；
- f) 系统幅度、相位外场定标结果。

6.4 L0 级产品数据处理

6.4.1 数据处理流程

依据编目分景信息，提取经过解数传格式之后的长条带原始数据中有效载荷数据段，L0级产品数据处理流程见图3。

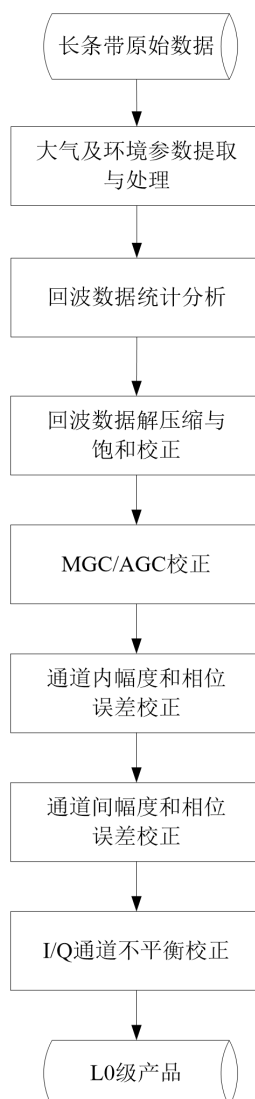


图3 L0级产品数据处理流程

6.4.2 大气及环境参数提取与处理

根据成像时间段和成像区域提取6.3 a) 中的电离层总电子含量和6.3d) 中的成像场景中心高程参数，按照如下方法完成对流层与电离层大气延迟校正：

a) 对流层大气延迟计算见公式（1）：

$$ZPD = \frac{1}{\cos \theta} \cdot \Delta Z_{sea} e^{-\frac{h}{h_0}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ZPD —— 对流层大气延迟；

θ —— 雷达入射角；

ΔZ_{sea} —— 海平面上的天顶延迟，宜取值 2.3m；

- e ——自然对数；
- h ——成像场景中心高程；
- h_0 ——大气厚度常数，宜取值 6000m。
- b) 电离层大气延迟计算见公式（2）。

$$\Delta L = \frac{1}{\cos \theta} \cdot K \cdot \frac{TEC}{f^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- ΔL ——电离层大气延迟；
- K ——电离层常数， $K=40.28\text{m}^3/\text{s}^2$ ；
- TEC ——电离层总电子含量，通过外部的全球电离层产品内插得到；
- f ——SAR 信号中心频率。

6.4.3 回波数据统计分析

统计回波数据的功率，判断分块的回波数据是否饱和：

- a) 读取回波数据块的BAQ均值码；
- b) 计算每个数据块中I、Q通道数据标准差，具体计算见公式（3）和公式（4）；

$$S_{BI} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (U_{BI}(i) - M_{BI})^2}{N}} \dots\dots\dots (3)$$

$$S_{BQ} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (U_{BQ}(i) - M_{BQ})^2}{N}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- S_{BI} ——数据块中I通道数据标准差；
- N ——数据块长度；
- i ——数据块中方位向数据序号；
- $U_{BI}(i)$ ——数据块中I通道数据；
- M_{BI} ——数据块中I通道数据均值；
- S_{BQ} ——数据块中Q通道数据标准差；
- $U_{BQ}(i)$ ——数据块中Q通道数据；
- M_{BQ} ——数据块中Q通道数据均值。
- c) 统计每个数据块中回波数据达到最大量化值的比例，即该数据块饱和度。若饱和度超过10%，则认为数据块饱和；
- d) 重复步骤a)～c)，得到所有分块数据的饱和度数组。

6.4.4 回波数据解压缩与饱和校正

根据6.4.3的统计结果，按照如下方法进行回波数据解压缩与饱和校正：

- a) 在回波数据块不饱和情况下，采用常规BAQ解压缩方法完成数据解压缩；
- b) 在回波数据块饱和情况下，采用抗饱和BAQ解压缩方法完成数据解压缩。

6.4.5 MGC/AGC 校正

MGC/AGC 校正方法如下：

- 对于每一个脉冲的回波数据，提取由辅助数据中解析出的相应 MGC/AGC 值；
- 查找对应 MGC/AGC 地面测量值表得到 MGC/AGC 校正量，将每个脉冲的回波数据乘以 MGC/AGC 校正量，得到校正后的回波数据，计算见公式（5）。

$$U_2(i) = U_1(i) \cdot G_{MGC/AGC} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$U_2(i)$ ——第 i 个脉冲 AGC/MGC 校正后的回波数据；

$U_1(i)$ ——第 i 个脉冲的回波数据；

$G_{MGC/AGC}$ ——MGC/AGC 校正量。

6.4.6 通道内幅度和相位误差校正

利用内定标与外场定标获取的信号收发链路传递函数信息修正理想距离向脉冲压缩函数，具体方法如下：

- 将待校正的回波数据进行距离向傅里叶变换；
- 读取通道内幅相误差校正函数信息；
- 通道内幅度和相位校正方法见公式（6）；

$$U_{channel-correct}(\omega) = U_{tbc}(\omega) [1 - e_{channel-a}(\omega)] \exp[-je_{channel-p}(\omega)] \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$U_{channel-correct}(\omega)$ ——经过通道内幅度和相位校正的数据；

ω ——距离频率；

$U_{tbc}(\omega)$ ——待校正回波数据；

$e_{channel-a}(\omega)$ ——通道内频域幅度误差；

j ——虚数单位；

$e_{channel-p}(\omega)$ ——通道内频域相位误差。

- 进行距离向傅里叶逆变换，得到通道内幅度和相位校正后的回波数据。

6.4.7 通道间幅度和相位误差校正

利用内定标数据和6.3 f)中的系统幅度、相位外场定标结果,对多个收发通道之间幅度和相位的不一致误差进行校正，具体方法如下：

- 将待校正通道的回波数据进行距离向傅里叶变换；
- 读取通道间幅相不一致校正函数信息；
- 通道间幅度和相位校正方法见公式（7）；

$$U_{inter-channel-correct}(\omega) = U_{channel-correct}(\omega) [1 - e_{inter-channel-a}(\omega) - e_{calib-channel-a}(\omega)] \cdot \exp[-je_{inter-channel-p}(\omega) - je_{calib-channel-p}(\omega)] \dots\dots (7)$$

式中：

$U_{inter-channel-correct}(\omega)$ ——经过通道间幅度和相位校正的数据；

$e_{inter-channel-a}(\omega)$ ——内定标获取的通道间频域幅度误差；

$e_{calib-channel-a}(\omega)$ ——外定标获取的通道间频域幅度误差；

$e_{inter-channel-p}(\omega)$ ——内定标获取的通道间频域相位误差；

$e_{calib-channel-p}(\omega)$ ——外定标获取通道间频域相位误差。

d) 进行距离向傅里叶逆变换, 得到通道间幅度和相位校正后的回波数据。

6.4.8 I/Q 通道不平衡校正

I/Q通道不平衡幅度和相位误差校正具体步骤如下:

a) 读取内定标数据, 分别按照公式(8)和公式(9)计算 I、Q 通道数据均值;

$$M_I = \frac{\sum_{i=1}^N U_I(i)}{N} \dots\dots\dots (8)$$

$$M_Q = \frac{\sum_{i=1}^N U_Q(i)}{N} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

M_I —— I 通道数据均值;

$U_I(i)$ ——待校正的 I 通道数据;

M_Q ——Q 通道数据均值;

$U_Q(i)$ ——待校正的 Q 通道数据。

b) 将 I、Q 通道数据分别减去均值;

c) 分别按照公式(10)和公式(11)计算 I 通道数据方差和 Q 通道数据方差, 按照公式(12)计算 I、Q 通道数据幅度之比;

$$D_I = \frac{\sum_{i=1}^N (U_I(i) - M_I)^2}{N} \dots\dots\dots (10)$$

$$D_Q = \frac{\sum_{i=1}^N (U_Q(i) - M_Q)^2}{N} \dots\dots\dots (11)$$

$$A_{IQ} = \sqrt{\frac{D_I}{D_Q}} \dots\dots\dots (12)$$

式中:

D_I ——I 通道数据方差;

D_Q ——Q 通道数据方差;

A_{IQ} ——I、Q 通道数据幅度之比。

d) 按照公式(13)计算 I、Q 通道回波数据的互相关系数, I、Q 通道的相位误差计算见公式(14);

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (U_Q(i) - M_Q)(U_I(i) - M_I)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (U_I(i) - M_I)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (U_Q(i) - M_Q)^2}} \dots\dots\dots (13)$$

$$\theta_{IQ} = \text{angle}(R) \dots\dots\dots (14)$$

式中:

R ——I、Q 通道回波数据互相关系数;

θ_{IQ} ——I、Q 通道的相位误差。

e) 按照公式 (15) 完成 I/Q 通道不平衡校正。

$$U_{Q_1} = A_{IQ} \cdot U_Q \exp(-j\theta_{IQ}) \dots\dots\dots (15)$$

式中：

U_{Q_1} ——经过校正的 Q 通道数据；

U_Q ——待校正的 Q 通道数据。

6.4.9 L0 级产品格式化输出

依据编目分景信息，提取长条带原始数据中对应的SAR数据段，完成6.4.2~6.4.8的处理步骤，按照L0级产品格式要求输出L0级产品，并进行数据归档与信息管理系统存档。

6.5 L1A 级产品数据处理

6.5.1 数据处理流程

L1A级产品数据处理流程见图4。

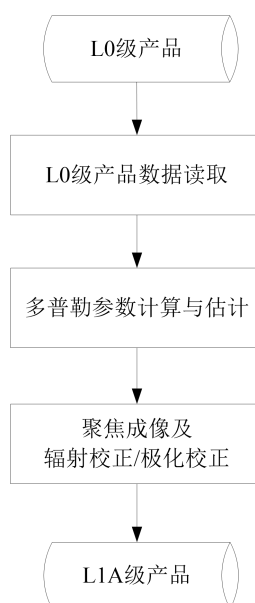


图4 L1A 级产品数据处理流程

6.5.2 L0 级产品数据读取

依据编目分景信息，读取SAR回波数据及成像参数，包括观测区域和观测时间段对应的卫星姿轨参数及大气校正参数。

6.5.3 多普勒参数计算与估计

6.5.3.1 技术要求

成像所需的多普勒参数包括多普勒中心频率与多普勒调频率。成像处理一般利用下传的卫星平台测量数据、载荷工作参数与DEM数据，计算多普勒参数。如果下传的GNSS数据缺失无法计算多普勒参数，或者计算结果不能满足成像精度要求时（成像结果出现明显的散焦等现象），应利用回波数据估计多普勒参数。通过计算得到的多普勒中心频率和通过回波数据估计得到多普勒中心频率的精度应优于处理数据PRF的1%。

6.5.3.2 多普勒参数计算

多普勒参数计算采用的卫星平台测量数据包括星历数据、GNSS数据与星体姿态数据；载荷工作参数包括SAR信号中心频率、天线指向与天线相位中心到被观测目标之间的斜距。具体计算方法如下：

- 将轨道六根数转化为惯性坐标系下的卫星位置、速度信息；
- 读取辅助数据中的 PRF 模糊数，根据 PRF 模糊数、回波延时、距离向采样点数，得到每个脉冲相同距离单元数据对应的斜距信息；
- 根据卫星位置、速度和加速度矢量与每个脉冲各距离单元目标对应的位置、速度和加速度，分别按照公式（16）、公式（17）和公式（18）计算目标到卫星的相对位置矢量、相对速度矢量和相对加速度矢量；

$$R_{st} = Sat_P - Tar_P \dots\dots\dots (16)$$

$$V_{st} = Sat_V - Tar_V \dots\dots\dots (17)$$

$$A_{st} = Sat_A - Tar_A \dots\dots\dots (18)$$

式中：

R_{st} ——目标到卫星的相对位置矢量；

Sat_P ——卫星位置矢量；

Tar_P ——每个脉冲各距离单元数据对应的目标位置；

V_{st} ——目标到卫星的相对速度矢量；

Sat_V ——卫星速度矢量；

Tar_V ——不同脉冲相同距离单元数据对应的目标速度；

A_{st} ——目标到卫星的相对加速度矢量；

Sat_A ——卫星加速度矢量；

Tar_A ——不同脉冲相同距离单元数据对应的目标加速度。

- 分别按照公式（19）和公式（20）计算每个脉冲各距离单元目标的多普勒中心频率和多普勒调频率。

$$f_{dc} = \frac{2V_{st} \cdot R_{st}}{\lambda |R_{st}|} \dots\dots\dots (19)$$

$$f_{ar} = \frac{2}{\lambda |R_{st}|} \left[V_{st} \cdot V_{st} + A_{st} \cdot R_{st} - \frac{(V_{st} \cdot R_{st})^2}{|R_{st}|^2} \right] \dots\dots\dots (20)$$

式中：

f_{dc} ——多普勒中心频率；

λ ——发射信号波长；

f_{ar} ——多普勒调频率。

6.5.3.3 多普勒参数估计

6.5.3.3.1 多普勒中心频率估计

根据6.5.3.2得到的多普勒中心频率和多普勒调频率初值结果，按照如下方法完成多普勒中心频率估计：

- 将回波数据沿方位向和距离向分块，方位向数据对应的信号长度大于合成孔径长度；
- 对每个数据块的每条方位信号进行短时傅里叶变换；
- 根据多普勒调频率和多普勒中心频域初值计算时频域中完整信号所在区间；
- 将完整信号所在区间之后的时频域区间置零，每个子段信号变回时域，得到时域滤波后的方位信号；
- 估计多普勒中心频率，计算见公式（21）；

$$f_{dc}(k) = \frac{prf}{2\pi k} \arg[R(k)] \dots\dots\dots (21)$$

式中：

prf ——脉冲重复频率；

$R(k)$ ——方位向自相关函数， k 为方位向数据。

- f) 用多普勒中心频率估计值成像，通过目视判断成像效果，如果不符合6.5.3.1的要求，应重复步骤c)～e)；
- g) 将各估计区间的估计值进行多项式拟合，输出每个不同脉冲相同距离单元数据的多普勒中心频率中的多普勒中心频率估计值。

6.5.3.3.2 多普勒调频率估计

多普勒调频率估计方法如下：

- a) 对回波数据进行方位向傅里叶变换，通过多普勒调频率的初步计算值生成方位向的匹配滤波器；
- b) 对变换到方位向频域的数据在方位向上分为高低两段；
- c) 按照b)的方法将方位向的匹配滤波器在频域区间分为高低两段；
- d) 对两视数据分别进行方位向匹配滤波，生成两视图像；
- e) 检测两视图像之间的互相关系数峰值位置，可以得到两视之间的时间错位，计算见公式(22)；

$$\Delta\eta = \frac{Maxpos}{prf} \dots\dots\dots (22)$$

式中：

$\Delta\eta$ ——两视之间的时间错位；

$Maxpos$ ——互相关系数峰值位置。

- f) 多普勒调频率估计误差计算见公式(23)；

$$\Delta K_a \approx -\frac{K_{amf}^2}{\Delta f_a} \Delta\eta \dots\dots\dots (23)$$

式中：

ΔK_a ——多普勒调频率估计误差；

K_{amf} ——含有误差的多普勒调频率计算值；

Δf_a ——两视图像之间的中心频率间隔。

- g) 如果互相关系数峰值位置 $Maxpos$ 为0，进入步骤g)如果 $Maxpos$ 不为0，按照公式(23)修正 K_{amf} ，并重复步骤c)～e)；
- h) 将完整信号所在区间之后的时频域区间置零，每个子段信号变回时域，得到时域滤波后的方位信号。

6.5.4 聚焦成像及辐射校正/极化校正

6.5.4.1 聚焦成像

主要采用基于尺度变标的聚焦成像算法。根据载荷成像模式类型不同，需要对尺度变标算法进行适应性修改。基本的尺度变标算法处理步骤如下：

- a) 读入 LO 级数据产品；
- b) 方位向数据傅里叶变换；
- c) 线性调频变标处理；
- d) 距离向数据傅里叶变换；

- e) 距离压缩、二次距离压缩和距离徙动校正；
 - f) 距离向数据傅里叶逆变换；
 - g) 方位压缩与相位补偿；
 - h) 方位向数据逆傅里叶变换。
- 聚焦成像应符合6.2.1的要求。

6.5.4.2 辐射校正/极化校正

辐射校正/极化校正处理在聚焦成像过程中完成，辐射校正/极化校正方法如下：

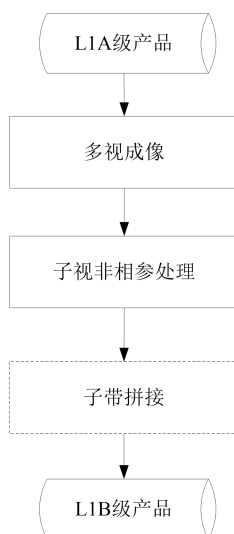
- a) 读取天线方向图、6.3 f) 系统幅度、相位外场定标结果等外场辐射/极化定标参数地面测试数据；
- b) 读取SAR载荷增益变化、系统噪声功率、极化通道幅相不平衡误差载荷工作状态参数；
- c) 读取内定标数据获得的SAR载荷增益变化、系统噪声功率、极化通道幅相不平衡误差载荷工作状态参数；
- d) 利用卫星平台测量数据、SAR载荷工作参数、DEM参数和成像处理参数进行处理器增益、传输衰减量、散射校正系数补偿；
- e) 依据载荷工作状态参数和校正参数，在聚焦成像处理过程中完成对SAR图像的辐射校正/极化校正，校正方法参见附录A。

辐射校正/极化校正应符合6.2.2的要求。

6.6 L1B级产品数据处理

6.6.1 数据处理流程

L1B级产品数据处理流程见图5。



注：虚框中子带拼接处理步骤只适用于扫描成像模式数据处理。

图5 L1B级产品数据处理流程

6.6.2 多视成像

根据数据产品要求的距离和方位多视数，在频域划分图像子视并处理生成子视复图像，具体方法如下：

- a) 将L1A级产品SAR图像转换为二维频域数据；
- b) 将二维频域数据按数据产品要求的距离和方位多视数进行平均分块；
- c) 将每一块频域数据转换为图像域，得到子视复图像。

6.6.3 子视非相参处理

对子视复图像每个像元复数据求功率值，并对子视图像进行功率叠加，完成非相干累加。

注：多视成像与子视非相参处理的目的是抑制斑点噪声，提高SAR图像的信噪比和图像的可视性。

6.6.4 子带拼接

子带拼接处理仅适用于扫描成像模式数据处理，处理方法如下：

- 对于扫描模式同一子带内不同脉冲簇成像后的图像，按照方位时间和位置的关系，结合星历参数完成多个脉冲簇之间的拼接处理，获得子带图像；
- 对于子带图像，根据斜距、波位间时序、星历等信息进行距离向多个子带之间的拼接，从而获得整景扫描模式图像。

6.7 L1C 级产品数据处理

6.7.1 数据处理流程

L1C级产品数据处理流程见图6。

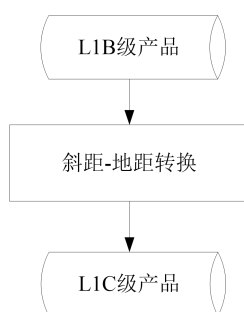


图6 L1C 级产品数据处理流程

6.7.2 斜距-地距转换

斜距-地距转换处理方法如下：

- 沿斜距计算各距离单元对应的入射角信息，计算见公式（24）；

$$\theta = \pi - a \cos \left[\frac{H^2 - R_s^2 - (R_e + h_s)^2}{2R_s(R_e + h_s)} \right] \dots\dots\dots (24)$$

式中：

- H —— 卫星高度；
 R_s —— 各距离单元对应位置到卫星斜距；
 R_e —— 场景中心地球半径；
 h_s —— 场景中心对应位置的高程。

- 根据雷达入射角及斜距-地距转换关系计算每个像元地距值，计算见公式（25）；

$$R_g = R_s \frac{H}{R_e} \sin(\theta) \dots\dots\dots (25)$$

式中：

R_g —— 不同脉冲相同距离单元对应的地距值。

- 通过双线性重采样方法或其他适用的插值方法得到L1C级产品。
斜距-地距转换应符合6.2.3的要求。

6.8 L2 级产品数据处理

6.8.1 数据处理流程

L2级产品数据处理流程见图7。

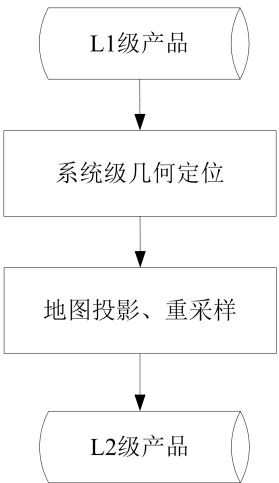


图 7 L2 级产品数据处理流程

6.8.2 系统级几何定位

系统级几何定位有如下两种方法：

- a) 采用距离-多普勒定位模型，结合 SAR 载荷成像几何关系，利用快速精密定轨数据及成像参数进行几何定位；
- b) 利用 L1A、L1B 和 L1C 级产品元文件中提供的 RPC 参数进行几何定位。RPC 参数文件几何定位方法见 GB/T 35642—2017 中的附录 A。

6.8.3 地图投影

利用 UTM 地图投影、UPS 地图投影等投影法，将图像像元的地理经纬度转换为地图坐标。根据地图投影获得的坐标系统转换关系，利用双线性插值等方法获取地图像元对应的幅度信息，按 GeoTiff 格式存储为 Tiff 文件。L2 级产品数据处理应符合 6.2.3 的要求。

7 数据存储与资料归档

7.1 数据存储

对处理生成的各级产品数据进行存储，具体要求如下：

- a) 数据产品存储方式分为在线存储、近线存储与离线存储，分别用于自动处理的流程数据产品存储、数据产品分发服务存储与数据产品存储；
- b) 数据产品在线存储、近线存储介质为磁盘阵列，离线存储介质为磁带或磁盘。

7.2 资料归档

应按照 GB/T 18894 的要求进行电子文件归档与电子档案管理。

附录 A (资料性) 辐射校正和极化校正

A.1 辐射校正

辐射校正是根据雷达方程针对所采用的成像处理算法，对载荷、成像处理和传输引入的增益进行补偿。载荷增益补偿是对天线方向图、链路增益、MGC/AGC校正量、内定标增益等参数进行补偿，上述参数由载荷研制方提供。成像处理增益补偿是对距离向压缩增益、距离向窗增益、方位向压缩增益和方位向窗增益进行补偿。传输增益包括传输衰减增益与散射校正系数。辐射校正方法见公式 (A.1)，公式 (A.1) 中的距离向压缩增益计算见公式 (A.2)，距离向窗增益计算见公式 (A.3)，方位向压缩增益计算见公式 (A.4)，方位向窗增益计算见公式 (A.5)，传输衰减增益 G_L 计算见公式 (A.6)，散射校正系数 $G_{\sigma 0}$ 计算见公式 (A.7)。

$$\text{Sig}_{\text{comp}} = \frac{\text{Sig}}{G_{TR}(\theta) G_{\text{Link}} G_{\text{Incalib}} G_{\text{pro_r}} G_{\text{win_r}} G_{\text{pro_a}} G_{\text{win_a}} G_L G_{\sigma 0}} \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中：

Sig_{comp} ——辐射校正后图像；

Sig ——辐射校正前图像；

$G_{TR}(\theta)$ ——天线方向图；

G_{Link} ——链路增益；

G_{Incalib} ——内定标增益；

$G_{\text{pro_r}}$ ——距离向压缩增益；

$G_{\text{win_r}}$ ——距离向窗增益；

$G_{\text{pro_a}}$ ——方位向压缩增益；

$G_{\text{win_a}}$ ——方位向窗增益；

G_L ——传输衰减增益；

$G_{\sigma 0}$ ——散射校正系数。

$$G_{\text{pro_r}} = \sqrt{(T_p \cdot B_w)} \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

式中：

T_p ——发射信号脉宽；

B_w ——发射信号带宽。

$$G_{\text{win_r}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=-N_{wr}/2}^{N_{wr}/2} (W_{rg}(i))^2}{N_{wr}}} \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

式中：

N_{wr} ——距离向信号长度；

$W_{rg}(i)$ ——距离向窗函数。

$$G_{\text{pro_a}} = \sqrt{(Ta \cdot f_{ar} \cdot f_{ar})} \dots\dots\dots (\text{A.4})$$

式中：

Ta ——合成孔径时间。

$$G_{\text{win}_a} = \sqrt{\frac{\sum_{i=-N_{\text{wa}}/2}^{N_{\text{wa}}/2} (W_{\text{az}}(i))^2}{N_{\text{wa}}}} \dots\dots\dots (\text{A. 5})$$

式中:

N_{wa} ——方位向信号长度;

$W_{\text{az}}(i)$ ——方位向窗函数。

$$G_L = r^2 \dots\dots\dots (\text{A. 6})$$

式中:

r ——目标与雷达天线相位中心之间的距离。

$$G_{\sigma_0} = \sqrt{\sin(\theta) \Delta r \Delta a} \dots\dots\dots (\text{A. 7})$$

式中:

Δr ——距离分辨单元大小;

Δa ——方位分辨单元大小。

A. 2 极化校正

极化校正处理方法如下:

- 根据内定标系统的校正参数,对原始数据进行极化通道间的幅度、相位不平衡和时间不一致等校正,校正方法见6.4.7;
- 对不同极化方式的图像进行方位向和距离向配准,其中方位向配准的偏移量是一个脉冲重复时间;
- 根据外定标获取的极化定标参数、发射极化失真矩阵和接收极化失真矩阵,对全极化图像之间的残余系统不平衡进行校正。校正方法见公式(A.8)。

$$S = (R^T)^{-1} M T^{-1} \dots\dots\dots (\text{A. 8})$$

式中:

S ——校正后图像;

R^T ——接收极化失真矩阵;

M ——待校正的四极化图像;

T ——发射极化失真矩阵。

参 考 文 献

- [1] GB/T 3784 电工术语 雷达
 - [2] GB/T 14950 摄影测量与遥感术语
 - [3] GB/T 17694 地理信息 术语
 - [4] GB/T XXXX—XXXX 地理信息 成像传感器的地理定位模型 第2部分：SAR/InSAR，lidar 和 sonar
 - [5] ISO 19101—2：2018 Geographic information—Reference model—Part 2：Imagery
 - [6] ISO 19130—1：2018 Geographic information—Imagery sensor models for geopositioning—Part 1: Fundamentals
-